

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ  
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ  
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

**В.Ю. Щербина**

# **МЕТОДОЛОГІЯ ПРОЕКТУВАННЯ (ДОДАТКОВІ РОЗДІЛИ)**

## **КУРСОВИЙ ПРОЕКТ: ВИМОГИ ДО ВИКОНАННЯ КУРСОВИХ ПРОЕКТІВ**

*Рекомендовано Методичною радою КПІ ім. Ігоря Сікорського  
як навчальний посібник для студентів,  
які навчаються за спеціальністю 133 «Галузеве машинобудування»,  
спеціалізацією «Інжинирінг, комп'ютерне моделювання та  
проектування обладнання виробництв полімерних і будівельних  
матеріалів та виробів»*

**Київ  
КПІ ім. Ігоря Сікорського  
2018**

Методологія проектування (додаткові розділи). Курсовий проект: вимоги до виконання курсових проектів [Електронний ресурс]: навчальний посібник для студентів які навчаються за освітньо-науковою програмою магістерської підготовки, спеціальності 133 «Галузеве машинобудування», спеціалізації «Інжинирінг, комп'ютерне моделювання та проектування обладнання виробництв полімерних і будівельних матеріалів та виробів» / В. Ю. Щербина; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018. – 29 с.

*Гриф надано Методичною радою КПІ ім. Ігоря Сікорського (протокол № 4 від 20.12.2018 р.) за поданням Вченої ради інженерно-хімічного факультету (протокол № 10 від 26.11.2018 р.)*

Електронне мережне навчальне видання

## **МЕТОДОЛОГІЯ ПРОЕКТУВАННЯ (ДОДАТКОВІ РОЗДІЛИ) КУРСОВИЙ ПРОЕКТ: ВИМОГИ ДО ВИКОНАННЯ КУРСОВИХ ПРОЕКТІВ**

Укладачі: *Щербина Валерій Юрійович*, доктор техн. наук, доцент

Відповідальний

редактор *Гондлях О.В.*, доктор техн. наук, професор

Рецензенти: *Марчевський В.М.*, канд. техн. наук, професор

Посібник орієнтує студентів на сучасний світовий рівень науково-технічного прогресу в галузі розробки та конструкторського проектування обладнання хімічного машинобудування. Направлений для поглиблення теоретичних та практичних знань при виконанні курсових проектів з навчальної дисципліни «Методологія проектування» для підготовки магістрів які навчаються за спеціальністю 133 «Галузеве машинобудування», спеціалізації «Інжинирінг, комп'ютерне моделювання та проектування обладнання виробництв полімерних і будівельних матеріалів та виробів».

Призначення посібника – вивчення спеціальних новітніх методів проектування для вдосконалення та підвищення ефективності обладнання, забезпечення високої якості виконання проектних розробок, реалізації найбільш ефективних проектних рішень.

Метою посібника є поглиблення знань на етапі проектування обладнання при розробці нових машин та модернізації діючого устаткування, правил та норм організації роботи при розробці проектів та загальних вимог до оформлення проектної документації;

У посібнику сформульовано загальні завдання до курсового проекту, його склад, обсяг і структура. Наведені детальні вказівки до виконання розділів пояснювальної записки: структура, вимоги до форматування, викладення тексту, оформлення рисунків. Наведені рекомендації до виконання графічної частини проекту. Приведено графік виконання проекту. В додатках приведені можливі варіанти представлення отриманих рішень.

© КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018 рік

## ЗМІСТ

ВСТУП .....	4
1 МЕТА ТА ЗАВДАННЯ КУРСОВОГО ПРОЕКТУ .....	5
2 ЗАВДАННЯ НА КУРСОВИЙ ПРОЕКТ .....	6
3 СКЛАД, ОБСЯГ ТА СТРУКТУРА КУРСОВОГО ПРОЕКТУ .....	7
Загальні вимоги до виконання .....	7
Правила оформлення.....	8
Компонування .....	13
Графічна частина .....	13
4 ВКАЗІВКИ ДО ВИКОНАННЯ РОЗДІЛІВ КУРСОВОГО ПРОЕКТУ .....	14
Титульний аркуш.....	14
Реферат .....	14
Зміст .....	14
Вступ.....	14
Аналітичний огляд стану проблеми.    Обґрунтування напрямку дослідження.....	15
Основна частина .....	16
Висновок.....	17
Список використаної літератури .....	17
Додаток .....	17
Зміст графічної частини.....	18
Методика роботи над курсовим проектом.....	18
5 ВКАЗІВКИ ПРО ПОРЯДОК ЗАХИСТУ КУРСОВОГО ПРОЕКТУ .....	19
Організація захисту курсового проекту .....	19
Рейтинг балів за курсовий проект.....	20
Графік виконання курсового проекту .....	22
СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ .....	23
ДОДАТОК А Зразок титульного листа курсового проекту.....	24
ДОДАТОК Б Зразок титульного листа пояснювальної записки.....	25
ДОДАТОК В Приклад представлення графічної частини курсового проекту...	26

## ВСТУП

При рішенні задач виникаючих в процесі проектування необхідно користуватися не розділеними відокремленими знаннями здобутими при вивченні окремих дисциплін, а комплексними, які забезпечують високу якість виконання проектних розробок. В світі сучасних вимог науково-технічного прогресу підготовка висококваліфікованих спеціалістів повинна базуватися на розвитку у студентів навиків творчого комплексного використання знань.

В курсі «Методологія проектування» для механічного устаткування значна увага приділяється вияву і використанню взаємозв'язку між окремими спеціальними дисциплінами в процесі проектування машин і апаратів. Курс включає методи досліджень і рішення задач самого процесу проектування його удосконалення, підвищення ефективності діючого та розроблюваного обладнання. Сюди входять такі розділи, як технологічне проектування, морфологічні моделі, системний підхід та інше, які представляють значний інтерес для сучасного інженера-конструктора.

Метою викладення курсу з вивчення методів технологічного прогнозування параметрів об'єктів що проектуються з урахуванням вимог експлуатації і виготовлення машин, вузлів і деталей, ознайомлення з основами САПР і засобами планування НДР на стадіях визначення мети проекту і його доопрацювання.

Задачею вивчення дисципліни з освоєння студентами навиків визначення перспектив розвитку обладнання загалом та окремих типів машин і продукції, методів визначення попиту на устаткування, методів аналізу якості технічних рішень, вміння втілювати результати НДР при проектуванні і модернізації техніки, вміння планувати і проводити НДР в процесі проектування.

# 1 МЕТА ТА ЗАВДАННЯ КУРСОВОГО ПРОЕКТУ

Виконання курсового проекту передбачено навчальним планом спеціальності 133 «Галузеве машинобудування», спеціалізації «Інжинирінг, комп'ютерне моделювання та проектування обладнання виробництв полімерних і будівельних матеріалів та виробів» в 2 семестрі і є завершальним етапом у вивченні дисципліни «Методологія проектування».

Метою курсового проекту є:

- систематизація, закріплення й поглиблення знань, отриманих студентами в ході вивчення дисципліни;
- розвиток навичок самостійної роботи із проектування і роботі з літературними джерелами;
- нагромадження досвіду науково-дослідної діяльності.

Курсові проекти виконуються на основі знань загальнотеоретичних і профільюючих дисциплінах з урахуванням досягнень в області використання новітніх технологій проектування і використання інформаційних систем. Студент, орієнтуючись на сучасне програмно-технічне середовище, повинен самостійно вирішувати конкретні питання проектування в рамках обраної теми, робити висновки, чітко й логічно формулювати пропозиції й викладати матеріал.

В процесі виконання роботи студент повинен самостійно за допомогою літературних джерел й комплектів технічної документації машин й апаратів виконати визначені завданням етапи проектування, вивчити алгоритми етапів виконання проектів, навчитись працювати з нормативними документами, засвоїти методи оптимального проектування.

Курсовий проект є самостійним дослідженням за обраною темою. До студентів пред'являються наступні вимоги:

- 1) вільне володіння матеріалом;
- 2) вміння відбору та систематизації літературного матеріалу, що стосується досліджуваної теми;

- 3) уміння підготувати і правильно оформити роботу;
- 4) мати уявлення про позиції вчених з обраної теми;
- 5) уміння обґрунтувати висновки по зібраному матеріалу.

Курсовий проект поглиблює і закріплює знання, вміння та навички дослідницької роботи, отримані в ході навчання зі спеціальних дисциплін. Тому позитивною стороною курсового проекту є використання в ній навчальної літератури, монографій і статей відомих вчених і фахівців, статистичних матеріалів, періодики.

Звіт по курсовому проекту складається з розрахункової чи графічної частин в залежності від характеру завдання. Об'єм та характер звіту визначає керівник роботи в момент видачі завдання й остаточно уточнюються по результатам роботи.

## **2 ЗАВДАННЯ НА КУРСОВИЙ ПРОЕКТ**

Тематика курсових проектів затверджується на засіданні кафедри. Студенту, за погодженням з науковим керівником, представляється право вибору теми курсового проекту, яка закріплюється за ним по особистій заяві на ім'я завідувача кафедрою.

Курсові проекти по дисципліні «Методологія проектування» можуть бути виконані для довільної предметної області визначеної рамками навчального плану. Тому студенти можуть представити свої, не передбачені тематикою кафедри теми, які після узгодження і затвердження на кафедрі можуть бути включені в список тем курсових проектів з дисципліни. При виборі теми студент повинен враховувати свої можливості, знання в обраному напрямку діяльності, науковий доробок, отриманих в ході практичної діяльності або при виконання інших проектів. Студент також може запропонувати свою тему, обґрунтувавши при цьому доцільність її розробки. Тема курсового проекту повинна бути актуальною, відображати сучасний стан проектування, потребу підприємств і організацій.

Вибір теми проводиться на початку навчального семестру і повинен бути завершений протягом 1-2х тижнів від початку семестру.

Нижче наведено перелік можливих тем:

1. Структурна схема магістерської роботи з визначенням та обґрунтуванням слабких ланок в елементах системи як мети вдосконалення.
2. Дослідження та обґрунтування можливостей використання перспективних проектних рішень в системах FIPS та УКРПАТЕНТ по темі магістерської роботи.
3. Пошукове прогнозування по перспективам розвитку технічних об'єктів які використовуються в магістерській роботі на період до 2020 року.
4. Визначення та обґрунтування інноваційних технічних рішень які розглядаються в магістерській роботі та будуть визначаючим в 2020 році.
5. Нормативне прогнозування напрямків розробки математичних моделей в магістерській роботі з точки зору системного аналізу на період до 2020 року.
6. Модель та обґрунтування життєвого циклу технічних об'єктів які використовуються в магістерській роботі.

### **3 СКЛАД, ОБСЯГ ТА СТРУКТУРА КУРСОВОГО ПРОЕКТУ**

#### ***Загальні вимоги до виконання***

Курсовий проект вимагає від студента освоєння елементів науково-дослідної роботи. Тема курсового проекту не може носити описового характеру, у формулюванні темі повинна бути закладена дослідницька проблема.

Курсовий проект підготовляє студента до виконання більше складного завдання – магістерської роботи.

Бажано публічне проведення процедури захисту курсового проекту. При захисті роботи студент вчиться не тільки правильно викладати свої думки, але й аргументовано відстоювати, захищати висунуті висновки й рішення.

Тема повинна бути зазначена без лапок і без слова "тема". Формулювання тема повинна відповідати змісту роботи та бути по можливості короткою.

Обсяг курсового проекту від 25 до 40 сторінок машинописного тексту та 1.5-2 креслення (плаката) формату А1.

Курсовий проект потрібно здати керівнику на перевірку не пізніше ніж за 10 днів до закінчення семестру.

За прийняті в роботі рішення, достовірність наведених даних, правильність висновків і пропозицій, а також за належне оформлення та представлення роботи у встановлений термін відповідає студент, автор курсового проекту.

### **Правила оформлення**

Першою сторінкою є титульний лист курсового проекту, який наведено в Додаток А. Лист підписується студентом – автором проекту і викладачем – керівником. Наступний 2-й лист є титульним листом пояснювальної записки. Зразок листа приведений в Додаток Б. Третій лист включає зміст дипломного проекту, Всі сторінки проекту мають нумерацію арабськими цифрами відповідно до прийнятих правил та з дотриманням наскрізної нумерації по всьому тексту курсового проекту. Ілюстрації й таблиці, розташовані на окремих аркушах, включають у загальну нумерацію сторінок проекту.

Сторінки тексту й додатків повинні відповідати формату А4(210x297). Виконання роботи здійснюється машинописним способом на одній стороні аркуша білого паперу через 1,5-2 інтервалу. Висота літер і цифр повинна бути не менш 1,8 мм. (*Звичайно шрифт 12 Times New Roman C з подвійним інтервалом або шрифт 14 Times New Roman C з полуторним інтервалом*). На сторінці близько 1800 знаків, включаючи пробіли й розділові знаки, тобто 57-60 знаків у рядку, 28-30 рядків на сторінці.

Текст курсового проекту потрібно друкувати, дотримуючи наступних розмірів полів: ліве - не менш 30 мм, праве - не менш 10 мм, верхнє - не менш 15 мм, нижнє - не менш 20 мм.



При виконанні курсового проекту необхідно дотримувати рівномірну щільність, контрастність і чіткість зображення, лінії, літери, цифри й знаки повинні бути чіткими, однаково чорними по всьому тексту.

Заголовки структурних елементів курсового проекту й розділів основної частини потрібно розташовувати в середині рядка без крапки в кінці та використовуючи прописні літери. Від тексту заголовки відокремлюються зверху й знизу трьома інтервалами. Заголовки підрозділів і пунктів потрібно починати з абзацного відступу й друкувати із прописної літери, не підкреслюючи, без крапки в кінці. Якщо заголовок включає кілька речень, їх розділяють крапками. Переноси слів у заголовках не допускаються.

Найменування структурних елементів курсового проекту «Зміст», «Вступ», найменування глав, «Висновок», «Список використаних джерел» служать заголовками структурних елементів проекту й пишуться прописними (заголовними) літерами, як у змісті, так й у тексті курсового проекту.

Основну частину проекту потрібно ділити на розділи, підрозділи й пункти. Розділи, підрозділи й пункти повинні мати заголовки.

**Заголовки** повинні чітко й коротко відображати зміст. Найменування підрозділів і пунктів потрібно друкувати з абзацного відступу із прописної літери без крапки в кінці, не підкреслюючи. Якщо назва складається із двох речень, їх розділяють крапкою.

Сторінки курсового проекту потрібно нумерувати арабськими цифрами, дотримуючи наскрізної нумерації по всьому тексту курсового проекту. Номер сторінки проставляють у центрі нижньої частини аркуша без крапки.

Титульний аркуш, зміст, першу сторінку вступу включають у загальну нумерацію сторінок. Номер сторінки на титульному аркуші не проставляють.

Ілюстрації й таблиці, розташовані на окремих аркушах, включають у загальну нумерацію сторінок проекту (або виносять у Додатки).

Розділи проекту повинні мати порядкові номери в межах усього проекту, позначені арабськими цифрами без крапки й записані з абзацного відступу. Підрозділи повинні мати нумерацію в межах кожного розділу. Номер

підрозділу складається з номерів розділу й підрозділу, розділених крапкою. Наприкінці номера підрозділу крапка не ставиться, розділу й підрозділи можуть складатися з одного або декількох пунктів.

**Ілюстрації** (креслення, карти, графіки, схеми, комп'ютерні роздруківки, діаграми, фотознімки) потрібно розташовувати в курсовому проекті безпосередньо після тексту, у якому вони згадуються вперше, або на наступній сторінці.

Ілюстрації можуть бути в комп'ютерному виконанні, у тому числі й кольорові. На всі ілюстрації повинні бути дані посилання в роботі. Ілюстрації, за винятком ілюстрацій додатків, потрібно нумерувати арабськими цифрами наскрізною нумерацією.

Якщо рисунок один, то він позначається "Рисунок", слово "Рисунок" і його найменування розташовують по середині рядка.

Ілюстрації, при необхідності, можуть мати найменування й пояснювальні дані (текст під рисунком). Слово "Рисунок" і його найменування поміщають після пояснювальних даних. Наприклад назва рисунка: Рисунок 1 - Структурна схема. Ілюстрації кожного додатку позначають окремою нумерацією прописними літерами латинського алфавіту. При посиланнях на ілюстрації потрібно писати «...відповідно до рисунка 2».

**Таблиці** застосовують для кращої наочності й зручності порівняння показників. Назва таблиці повинне відбивати її зміст, бути точним і коротким. Назва таблиці потрібно поміщати над таблицею ліворуч, без абзацного відступу в один рядок з її номером через тире.

При переносі частини таблиці назву поміщають тільки над першою частиною таблиці, нижню горизонтальну лінію, що обмежує таблицю, не проводять, а перед продовженням таблиці пишуть - Продовження таблиці (із вказівкою номера таблиці).

Таблицю потрібно розташовувати в роботі безпосередньо після тексту, у якому вона згадується вперше, або на наступній сторінці. На всі таблиці

повинні бути посилання в роботі. При посиланні потрібно писати слово "Таблиця" із вказівкою її номера.

Таблицю з більшою кількістю граф допускається ділити на частини й поміщати одну частину під іншою в межах однієї сторінки. Якщо рядки й графи таблиці виходять за формат сторінки, то в першому випадку в кожній частині таблиці повторюється головна, у другому випадку - бокові. Допускається розміщення об'ємної таблиці на аркуші формату А3.

Якщо повторюваний у різних рядках графі таблиці текст складається з одного слова, то його після першого написання допускається замінити лапками; якщо із двох і більше слів, то при першому повторенні його замінюють словами «Те ж», а далі - лапками. Ставити лапки замість повторюваних цифр, марок, знаків, математичних і хімічних символів не допускається. Якщо цифрові або інші дані в якому-небудь рядку таблиці не приводять, то в ній ставлять прочерк.

**Формули** й рівняння потрібно виділяти з тексту в окремий рядок. Вище й нижче кожної формули або рівняння повинне бути залишене не менш одного вільного рядка. Якщо рівняння не вміщається в один рядок, то воно повинне бути перенесене після знака рівності (=) або після знаків плюс (+), мінус (-), множення (x), розподілу (:), або інших математичних знаків, причому знак на початку наступного рядка повторюють. При переносі формули на знаку, що символізує операцію множення, застосовують знак «х».

Пояснення значень символів і числових коефіцієнтів потрібно приводити безпосередньо під формулою в тій же послідовності, у якій вони дані у формулі.

Формули в проекті потрібно нумерувати порядковою нумерацією в межах усього проекту арабськими цифрами в круглих дужках у крайнім правому положенні на рядку. Наприклад

$$\frac{\partial T}{\partial \tau} + \nabla \cdot (\vec{v}T) = f \nabla^2 T \quad (1)$$

$$\chi = \left( 1 + \frac{Rs}{2} + \frac{Rs^2}{6} + \frac{Rs^3}{15} \right) \quad (2)$$

Формули, поміщені в додатках, повинні нумеруватися окремою нумерацією арабськими цифрами в межах кожного додатка з додаванням перед кожною цифрою позначення додатка, Наприклад формула (А. 1).

Посилання в тексті на порядкові номери формул дають у дужках. Наприклад -... у формулі (1). Порядок викладу в проекті математичних рівнянь такий же, як і формул.

Посилатися треба на документ у цілому або його розділи й додатки.

При посиланнях на стандарти й технічні умови вказують тільки їхнього позначення, при цьому допускається не вказувати рік їхнього твердження за умови повного опису стандарту в списку використаних джерел.

Посилання на використані джерела потрібно приводити у квадратних дужках. Наприклад [2].

**Додатки** оформляють як продовження даного курсового проекту на наступних його аркушах.

У тексті роботи на всі додатки повинні бути дані посилання. Додатки розташовують у порядку посилань на них у тексті.

Кожен додаток потрібно починати з нової сторінки із вказівкою слова «Додаток» у правому верхньому куті сторінки, відповідно до мови написання проекту, Наприклад, Додаток 1. Додаток повинне мати заголовок, що записують симетрично щодо тексту із прописної літери окремим рядком.

В остаточному варіанті курсовий проект повинен бути видрукований на аркушах формату А4. Обсяг курсового проекту з ілюстраціями повинен становити 35-45 сторінок, без врахування додатків.

У тексті повинні бути чітко виділені абзаци. В абзаци відступ нового рядка повинне становити 1 см.

У роботі дотримується єдність термінів, умовних позначок і загально-прийнятих скорочень слів.

**Список літератури** повинен бути складений в порядку посилання до літературних джерел. Список адрес серверів Internet указується після літературних джерел.

Креслення (плакати) виконуються на аркушах формату A1 відповідно до загальних вимог регламентованих ЕСКД.

### **Компонування**

Листи курсового проекту повинні бути скомпоновані в наступному порядку:

1. Титульний аркуш.
2. Реферат.
3. Зміст.
4. Вступ.
5. Аналітичний огляд стану проблеми. Обґрунтування напрямку роботи.
6. Основна частина, що складається з розділів та підрозділів.
7. Висновки.
8. Література.
9. Додатки.
10. Окремо в папку для паперів вкладаються креслення(плакати).

### **Графічна частина**

Графічна частина курсового проекту, як правило, включає креслення або плакати. На плакатах може бути зображена структура схема магістерської роботи з точки зору системного підходу. Вони представляють собою системи вищого та нижчого рівнів та взаємозв'язок між елементами системи. Креслення машин, вузлів та деталей пропонувані як перспективні проектні рішення для вирішення проблеми що розглядаються в роботі. Таблиці та графіки що є результатом пошукового прогнозування перспектив для визначення ймовірних технологічних характеристик досліджуваного устаткування в майбутньому, які базуються на потенційних можливостях сучасності.

Загалом графічна частина складається з 3.0-4 аркушів формату А1.

## **4 ВКАЗІВКИ ДО ВИКОНАННЯ РОЗДІЛІВ КУРСОВОГО ПРОЕКТУ**

### ***Титульний аркуш.***

Титульний аркуш повинен включати наступні реквізити: міністерство, найменування вузу, факультету, кафедри, на якій виконується робота, найменування курсового проекту, навчальна дисципліна, тема, дані про студента (номер групи, ПІБ) і керівника (посада, ступінь, ПІБ), місто й рік виконання проекту). Зразок наведений на сайті кафедри «<http://cpsm.kpi.ua>».

### ***Реферат***

У **рефераті** висловлюється актуальність, цілі і завдання курсового проекту. Об'єм реферату – 1 сторінка.

### ***Зміст***

Послідовно перераховуються заголовки пунктів і підпунктів, починаючи із вступу й кінчаючи додатками із зазначенням номерів сторінок, на яких поміщені ці заголовки. Повинні бути включені всі заголовки, наявні в роботі. Пункти й підпункти нумеруються арабськими цифрами.

### ***Вступ***

Характеризується сучасний стан проблеми, якій присвячений курсовий проект із посиланням на необхідні документи. Визначаються мета дослідження й завдання. Дається обґрунтування важливості розглянутих у курсовому проекті питань. Обсяг - не більше 2 сторінок. У вступі необхідно: обґрунтувати актуальність обраної теми; сформулювати мету роботи і поставити завдання, які необхідно вирішити для її досягнення; описати сукупність наукових методів, технічних і програмних засобів, використовуваних при виконанні

курсового проекту; указати об'єкт дослідження. Вступ доцільно писати після завершення роботи над основною частиною.

### **Аналітичний огляд стану проблеми. Обґрунтування напрямку дослідження**

Ця частина курсового проекту не тільки орієнтує читача на подальше розкритті теми, але й містить всі необхідні кваліфікаційні характеристики самої роботи. В цьому розділі повинно бути описані:

**Актуальність** - обов'язкова вимога до будь-якої наукової праці. Те, як її автор уміє вибрати тему й наскільки правильно він розуміє цю тему й оцінює її з погляду своєчасності й значимості, характеризує його наукову зрілість і професійну підготовленість. Висвітлення актуальності повинне бути відносно коротким. Потрібно у межах 1 сторінки машинописного тексту показати головні фактори актуальності теми, щоб стисло викласти стан розробки обраної теми та привести короткий огляд літератури, що у підсумку формує висновок, що саме дана тема ще не розкрита (*або розкрита лише частково або не в тім аспекті*) і тому має потребу в подальшій розробці.

**Огляд літератури** по темі повинен показати ґрунтовне ознайомлення зі спеціальною літературою, вміння систематизувати джерела, критично їх розглядати, виділяти істотне, оцінювати раніше зроблене іншими дослідниками, визначати головне в сучасному стані вивченості теми. Матеріали такого огляду треба систематизувати у певному логічному зв'язку й послідовності. Оскільки робота звичайно присвячується порівняно вузькій темі, то огляд робіт попередників потрібно робити тільки з питань обраної теми, а не по всій проблемі в цілому. У такому огляді не потрібно викладати все, що відомо із прочитаного, а лише те, що має пряме відношення до роботи. Повинні бути названі й критично оцінені всі скільки-небудь цінні публікації, що мають пряме й безпосереднє відношення до теми курсового проекту.

Обов'язковим елементом є формулювання об'єкта й предмета дослідження. **Об'єкт** - це процес або явища, що породжують проблемну ситуацію й обрані в курсовому проекті для вивчення. **Предмет** - це ті явища, що знаходяться в рамках об'єкта. Об'єкт і предмет дослідження як категорії наукового процесу співвідносяться між собою як загальне й часткове. В об'єкті виділяється та його частина, що служить предметом дослідження. Саме на нього й спрямоване основна увага дослідника. Саме предмет роботи визначає тему наукової праці, що позначається на титульному аркуші як заголовок.

Обсяг цього розділу в курсовому проекті звичайно не більше 6-8 сторінок машинописного тексту.

### **Основна частина**

Містить опис методологічної та проектної частин курсового проекту. Основна частина курсового проекту може складатися з 2-3 розділів, які можуть, у свою чергу, бути розділені на підрозділи. Назви розділів і підрозділів не повинні дублювати назву теми курсового проекту. Розділи і підрозділи необхідно співвідносити по обсягу представленого матеріалу. Об'єм підрозділів не повинен перевищувати об'єму кожного з розділу роботи. Заголовки повинні бути лаконічними й відповідати їхньому змісту.

В основній частині курсового проекту узагальнюються відомості з різних літературних джерел по даній темі, викладається аргументований авторський підхід до розглянутих концепцій, точкам зору. У роботах практичної спрямованості обов'язково повинна бути глава, що описує методики й техніку конкретного авторського дослідження, і саме емпіричне дослідження. Методики практичного дослідження залежать від теми роботи згідно якої вона виконується. Спеціальні методичні рекомендації й вказівки надаються студенту кафедрою й науковим керівником.

Обсяг цього розділу в курсовому проекті становить 20-25 сторінок машинописного тексту.



## **Висновок**

Містить короткий виклад висновків по темі роботи. Висновок не повинен носити характер стислого переказу всієї роботи, у ньому повинні бути викладені підсумкові результати. Ця частина виконує роль закінчення, обумовленого логікою проведеного дослідження, що носить форму синтезу даних накопичених в основній частині роботи. Цей синтез - послідовний, логічно стрункий виклад отриманих підсумків і їхнє співвідношення із загальною метою й конкретними завданнями, поставленими й сформульованими у введенні.

Заключна частина як правило також припускає наявність узагальненої підсумкової оцінки роботи. При цьому важливо вказати, у чому полягає її головний зміст, які важливі наукові результати отримані, які нові наукові завдання з'являються у зв'язку із проведенням дослідження. У деяких випадках виникає необхідність вказати шляхи продовження дослідження теми, форми й методи їх подальшого вивчення, а також конкретні завдання, які майбутнім дослідникам доведеться вирішувати в першу чергу.

Обсяг - не більше 2-4 сторінок.

## **Список використаної літератури**

Список використаних джерел і літератури містить найменування робіт, джерел, які були безпосередньо використані автором при роботі над курсовим проектом. Кількість використаних джерел і літератури в курсовому проекті, як правило, повинне бути не менш 10-20 посилань.

## **Додаток**

Допоміжні або додаткові матеріали, які не належать до тексту основної частини роботи, поміщають у додатку. Наприклад, фрагменти класифікаторів, форми документів відносно вхідної та вихідної інформації, алгоритми, програми та інші.

Обсяг окремого додатку не обмежений, але якщо він перевищує 8 сторінок то данні потрібно записати на CD, який поміщається в папку курсового проекту.

### ***Зміст графічної частини***

Графічна частина проекту як правило містить 4 листа креслень та плакатів виконаних на аркушах формату A1.

На 1 плакаті Вказується мета роботи, об'єкт, предмет дослідження, завдання та по можливості наукова новизна.

На 2 листі приведено креслення або опис схеми експериментальної установки.

На 3-му листі, виконаному у вигляді плакату приводяться результати експериментальних досліджень або математичні моделі, що використані в роботі.

На 4-му листі, виконаному у вигляді плакату, приводяться результати оцінки похибки експериментальних або числових досліджень.

Плакати виконують з використанням програми MS PowerPoint.

Приклад виконання графічної частини міститься в Додаток В.

### ***Методика роботи над курсовим проектом***

У процесі виконання курсового проекту студент працює із джерелами в INTERNET, бібліотечною літературою й спеціальною по предметній області, використовує ЕСКД, ДГСТ, довідники й інші методичні матеріали. Крім цього студент здобуває навички обґрунтування пропонованих рішень і виконання графічних робіт.

Для забезпечення якості виконуваної студентом роботи, своєчасності оформлення та подання керівнику пропонується наступна послідовність етапів виконання:

- вивчення літератури за фахом (підручників, навчальних посібників, монографій, періодична література, журналів), нормативних і керівних матеріалів;

- аналіз існуючої організації виконання аналогічних робіт (НДІ, підприємстві, організації), а також методів, засобів і технології проектування на вибраному об'єкті;
- обробка та аналіз зібраних матеріалів і відомостей. Відбирається матеріал, який буде включений в курсовий проект. В результаті аналізу робляться висновки і пропозиції, які ляжуть в основу запропонованого студентом варіанту розробок;
- виконання курсового проекту. Визначається напрямок і основний зміст проектних рішень, розробляються елементи проекту;
- стилістична обробка і оформлення проекту, ілюстрація проекту.

Не слід приступати до вирішення конкретних питань курсового проекту, якщо немає ясності в економічній суті завдання, що може привести до помилок у використанні прийомів і методів проектування. Істотні помилки також виникають при неправильному розумінні технології проектування, та невірній прив'язці засобів проектування.

Курсовий проект повинен виконуватися з використанням програмних засобів офісного призначення та графічного програмування.

## **5 ВКАЗІВКИ ПРО ПОРЯДОК ЗАХИСТУ КУРСОВОГО ПРОЕКТУ**

### ***Організація захисту курсового проекту***

Підставою для допуску студента до захисту курсового проекту є позитивна оцінка керівника проекту. Захист проводять протягом терміну, встановленого кафедрою де присутні керівник проекту і студенти академічної групи.

На захисту студент говорить виступ по темі роботи (на 4-5 хвилин), в якому дає характеристику поставленого завдання, викладає принципи і методи дослідження, приводить отримані результати і висновки. Для ілюстрації приводяться підготовлені листи креслення (плакатів).

Студенту задають питання по темі роботи, можуть бути уточнюючі питання з дисципліни з метою визначення рівня теоретичної підготовки, конкретизації окремих положень у виступі студента, виявлення ступеня опрацювання роботи. Питання можуть задавати всі присутні на захисті проекту.

Оцінка за курсовий проект виставляється керівником проекту, після захисту, в відомість, залікову книжку і вказується на титульному аркуші проекту.

Студенти, які не представили у встановлений термін курсовий проект, або захистили їх на незадовільну оцінку, мають академічну заборгованість.

### ***Рейтинг балів за курсовий проект***

Рейтинг студента за курсовий проект складається з балів, що він отримує за:

- 1) Пояснювальну записку;
- 2) Креслення або плакати в форматі А1;

В проекті, при необхідності, передбачається виконання наступних креслень (плакатів):

1. Плакат – 1-й лист. Вказується мета роботи, об'єкт, предмет дослідження, завдання та наукова новизна (по можливості).
2. Креслення (плакат) – 2-й лист. Приведено креслення експериментальної установки.
3. Плакат – 3-й лист. Результати експериментальних досліджень або математичні моделі, що використовуються роботі.
4. Плакат – 4-й лист. Оцінка похибки експериментальних або числових досліджень.

*Система рейтингових (вагових) балів та критерії оцінювання*

1. Плакат загального опису роботи (1-й лист).

Підготовка та виконання роботи: ваговий бал – 12.

2. Креслення експериментальної установки (2-й лист).

Підготовка та виконання роботи: ваговий бал – 18.

3. Результати експериментальних досліджень (3-й лист).

Підготовка та виконання роботи: ваговий бал – 16.

4. Оцінка похибки (4-й лист).

Підготовка та виконання роботи: ваговий бал – 18.

5. Пояснювальна записка.

Підготовка та виконання роботи: ваговий бал – 20.

6. Доповідь.

Підготовка та виконання роботи: ваговий бал – 16.

Максимальні бали виставляються за умови своєчасного захисту роботи, повної відповіді на захисті та бездоганного оформленої пояснювальної записки.

Штрафні та заохочувальні бали за:

- несвоєчасне представлення текстової або графічної документації – -2 бали

*Рейтинг  $R_D$  визначається по наступній таблиці:*

Зміст роботи	бали	Не вчасно здано
Плакат (1-й лист)	12	
Креслення (2-й лист)	16	
Плакат (3-й лист)	18	
Плакат (4-й лист)	18	
Записка	20	
Доповідь	16	
Результат Курсовий проект	100	-2 * дні

Для отримання студентом відповідних оцінок (ECTS та традиційних) його рейтингова оцінка  $R_D$  переводиться згідно з таблицею:

<i>Рейтингові бали, <math>R_D</math></i>	<i>Оцінка за університетською шкалою</i>
$95 \leq RD \leq 100$	Відмінно
$85 \leq RD \leq 94$	Дуже добре
$75 \leq RD \leq 84$	Добре
$65 \leq RD \leq 74$	Задовільно
$60 \leq RD \leq 64$	Достатньо
$RD < 60$	Незадовільно
Невиконання умов допуску до семестрового контролю	Не допущено

### **Графік виконання курсового проекту**

№ п/п	Етап роботи	Дата виконання	Форма звітності
1.	Ознайомлення з темами курсових проектів і вибір теми	До 15.09	Заява на ім'я зав. кафедру
2.	Затвердження теми	До 22.09	Затверджене завдання на курсовий проект
3.	Підбір літератури	До 01.10	Представлення керівнику списку літератури
4.	Складання плану курсового проекту та графіка робіт	До 06.10	Представлення керівнику плану та графіка робіт
5.	Виконання роботи і консультації по виконанню	По графіку	Робочі матеріали
6.	Здача курсового проекту керівнику	До 20.12	Оформлений курсовий проект
7.	Захист курсового проекту	До 30.12, по графіку	

## СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Основы методологии проектирования машин. Черков Л.Б. Изд-во "Машиностроения", М.; 1988, с. 152.
2. Технологическое прогнозирование. Дж. Мартино, Изд-во "Прогресс". М. 1977. с. 579.
3. Щербина В. Ю. Курс лекцій «Методологія проектування». - К.: Видавництво "ЕКМО", 2010. – 168с.: іл. 19.
4. В.Ю. Щербина, С.М.Чернега, Ю.М.Саміленко, С.В.Лелека. Методичні вказівки до виконання комп'ютерного практикуму ПО КУРСУ «Методологія проектування» Розділ: Вибір перспективних проектних рішень. Електронний посібник. 2010. – 60с.: іл.21.с
5. В.Ю. Щербина, С.М.Чернега, Ю.М.Саміленко, С.В.Лелека. Методичні вказівки до виконання комп'ютерного практикуму ПО КУРСУ «Методологія проектування» Розділ: «Оформлення робочої та конструкторської документації» Електронний посібник. 2010. – 70с.: іл.31.
6. Автоматизация проектно-конструкторских работ и технологической подготовки производства в машиностроении. Семенов О.И. Изд-во "Высшая школа", Минск, 1986, с. 350.
7. Становление и сущность системного подхода. Бладберг И.В., Юдин Э.Г. Изд-во "Наука", М., 1973, с. 267.
8. САПР. Інтегрована система моделювання технологічних процесів і розрахунку обладнання хімічної промисловості: Навч. посіб. / О.С.Сахаров, В.Ю.Щербина, О.В. Гондляр, В.І. Сівецький. – К.: ТОВ "Поліграф Консалтинг", 2006. – 156с.: іл.
9. Методология проектирования оптических приборов: учеб.пособие / А.А. Шехонин, В. М. Домненко, О. А. Гаврилина – СПб: Изд-во СПбГУ ИТМО, 2006. – 91 с.
10. Всё об Internet./ Крол Эд.-Киев.-Торгово-изд. бюро ВНУ.-1995г.– 100 с.
11. Поиск и навигация в Internet /Павел Храмцов <http://www.osp.ru/cw/1996/20/31.htm>
12. Эти неслучайные "случайные" открытия / А. Кынин <http://www.metodolog.ru/01200/01200.html#2>
- 13.Асатурян В.И. Теория планирования эксперимента. – М.: Радио и связь, 1983.
14. Виды научных открытий <http://vif2ne.ru/nvz/forum/archive/163/163811.htm>
15. Как опубликовать статью <http://www.gramota.net/publication.html>
16. Правила оформления статей <http://izvestiya.rsu.ru/fauthors.html>
17. Алгоритмы оптимальных проектных решений. Под редакцией Половкина А.И., Марийское кн. изд-во, Йошкар-Ола, 1976, с.192.

**ДОДАТОК А**  
**Зразок титульного листа курсового проекту**

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ**  
**«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ**  
**ІМЕНІ ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

**Інженерно-хімічний факультет**  
**Кафедра хімічного, полімерного і силікатного машинобудування**

**КУРСОВИЙ ПРОЕКТ**  
з кредитного модулю:  
**Методологія проектування (додаткові розділи)**

на тему: Дослідження траєкторії руху сипкого матеріалу в обертових барабанних апаратах

Студента(ки) І курсу, групи ЛП-61мн  
**Герасименко Микола Володимирович**

СПЕЦІАЛЬНІСТЬ 133 «Галузеве машинобудування»  
СПЕЦІАЛІЗАЦІЯ Інжиніринг, комп'ютерне моделювання та проектування  
обладнання виробництв полімерних і будівельних матеріалів та виробів

Керівник доцент, к.т.н., Шевченко О.П.  
Національна оцінка \_\_\_\_\_

Кількість балів: \_\_\_\_\_ оцінка: ECTS \_\_\_\_\_

Члени  
комісії:

\_\_\_\_\_ (вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

\_\_\_\_\_ (вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

Засвідчую, що у цьому курсовому проекті немає  
запозичень праць інших авторів без відповідних  
посилань

Студент \_\_\_\_\_ М.В. Герасименко

**КИЇВ 2018**



## **ДОДАТОК Б**

**Зразок титульного листа пояснювальної записки**

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ  
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ  
ІМЕНІ ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

**Інженерно-хімічний факультет**

**Кафедра хімічного, полімерного і силікатного машинобудування**

### **ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА**

до курсового проекту на тему:

Дослідження траєкторії руху сипкого матеріалу в обертових  
барабанних апаратах

СПЕЦІАЛЬНІСТЬ 133 «Галузеве машинобудування»

СПЕЦІАЛІЗАЦІЯ Інжиніринг, комп'ютерне моделювання та проектування  
обладнання виробництв полімерних і будівельних матеріалів та виробів

з кредитного модулю:

«Методологія проектування (додаткові розділи). Курсовий проект»

Виконав студент групи ЛП-71мн \_\_\_\_\_  
(підпис, дата)

М.В. Герасименко

Керівник роботи, к.т.н, доц. \_\_\_\_\_  
(підпис, дата)

О.П. Шевченко

Київ 2018

# ДОДАТОК В

## Приклад представлення графічної частини курсового проекту

### “Рух сипкого матеріалу в обертових барабанних апаратах”

**Тема магістерської роботи:** “Рух сипкого матеріалу в обертових барабанних апаратах”.

**Об’єкт досліджень:** процес переміщення сипкого середовища.

**Предмет дослідження:** особливості динаміки руху сипкого середовища в обертових барабанних апаратах при незначних швидкостях потоку.

**Мета дослідження:** експериментальне визначення режимів роботи сипкого матеріалу в обертових барабанних апаратах.

**Актуальність:** науково-експериментальне дослідження траєкторії руху сипких матеріалів в обертовому барабані.

**Завдання досліджень:**

1. Провести літературний аналіз існуючих досліджень руху сипкого матеріалу в обертових барабанних апаратах.
2. Розробити експериментальну установку для дослідження руху сипкого матеріалу в обертових барабанних апаратах.
3. Розробити методику та програмне забезпечення для обробки даних, отриманих в результаті проведення експериментальних досліджень.
4. Розробити математичну модель для дослідження руху сипкого матеріалу в обертових барабанних апаратах. Порівняти отримані дані з експериментальними даними.

**Дослідження ґрунтуються на методах:**

1. Чисельного та літературного дослідження траєкторії руху сипкого матеріалу в обертовому барабані з метою оцінки показників ефективності використання і експлуатації обертових барабанних апаратів в цілому.
2. Експерименту та математичного моделювання із застосуванням положень механіки суцільного середовища.

**Наукова новизна:**

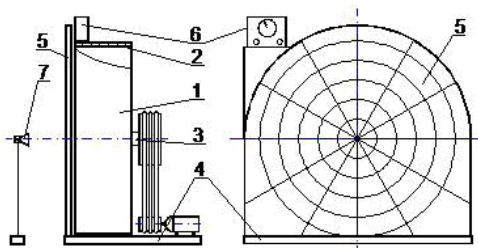
1. Розроблена та введена установка для дослідження траєкторії руху сипких матеріалів. Установка підтверджена авторським свідоцтвом (№ заявки: u2017 11758; МПК (2017.01) G01B 5/00; 01.12.2017; “Пристрій для визначення координат траєкторії руху сипкого матеріалу”).
2. Розроблені та впроваджені математичні методи та програмне забезпечення для оперативного оброблення експериментальних даних та дослідження траєкторій руху сипкого матеріалу в обертових барабанних апаратах.
3. Запропонована методика та алгоритм розрахунку руху сипкого матеріалу з використанням рівнянь Нав’є – Стокса в змінних Гельмгольца для криволінійної неортогональної системи координат.

**Практична значимість:** результати роботи у вигляді отриманих закономірностей режиму руху сипкого матеріалу в обертових барабанних апаратах можуть бути використані в різних галузях промисловості, які експлуатують обертові барабанні апарати для змішування сипких матеріалів. Створена експериментальна установка, використання якої дозволяє проводити лабораторні роботи на кафедрі хімічних, полімерних і силікатних матеріалів.

## Рисунок В.1 – Основні характеристики роботи

### Послідовність обробки та аналізу отриманих даних

#### Схема експериментальної установки



- 1 – барабан; 2 – внутрішнє покриття барабана; 3 – привід; 4 – рама;  
5 – прозорий диск зі шкалою; 6 – панель індикації та управління;  
7 – відеокамера.

Лабораторна установка працює наступним чином. Барабан обертається зі швидкістю від 0 до 100 об/хв на холостому ході, при завантаженні 5 кг до 50 об/хв. Стандартна кількість завантаження становить 1 кг, 3 кг, 5 кг. Після встановлення сталого режиму руху матеріалу відбувається запис на камеру, яка має розширення 1920x1080 пк та частоту 60 кадрів за секунду.

Послідовність обробки та аналізу отриманих даних наступні:

1. Кадрування відзнятого фільму на окремі рисунки з інтервалом часу 0.020 сек для визначення траєкторій руху та швидкостей частинок матеріалу.
2. Визначення траєкторії та швидкості руху частинок за допомогою програм, написаних на функціональній мові AutoLISP в середовищі AutoCAD. Отримані дані записуються в файл для обробки за допомогою редактора електронних таблиць MS Excel.
3. Побудова сіткової моделі за допомогою програм AutoLisp для подальшої обробки в редакторі ParaView.
4. Інтерполяція швидкостей до вузлів сіткової моделі із застосуванням методики зважування із зворотною відстанню (The inverse-distance weighted procedure – IDW). Цей спосіб, заснований на використанні величин зворотних відстаней між вузлами інтерполяції, зведених в деяку ступінь, є досить універсальним, легко реалізується на комп’ютері, а також має достатньо високу ступінь точності. Програмне забезпечення C++.

У рамках IDW методу, шукане значення функції для довільної точки визначається наступним чином:

$$P_i = \frac{\sum_{j=1}^G \frac{P_j}{D_{ij}^n}}{\sum_{j=1}^G \frac{1}{D_{ij}^n}}, \quad \text{де } P_i - \text{значення в точці, яку потрібно визначити; } P_j - \text{значення у вузлах інтерполяції } j;$$

$D_{ij}$  – відстань між  $i$ -тою та  $j$ -тою точками;  $G$  – кількість вузлів інтерполяції;  
 $n$  – ступінь, до якої зводяться відстані (прийнято  $n = 2$ ).

5. Обробка отриманих значень у програмі ParaView за допомогою програмного забезпечення, виконаного на мові C++. Вказаний програмний комплекс дає можливість: візуалізації розрахункових сіток, полів швидкостей, векторних полів, ліній току, побудови ізометричних поверхонь, векторних полів та алгебраїчних перетворень над заданими полями. Рішення рівнянь для визначення ліній току здійснюється методом Рунге – Кутти четвертого порядку точності.

## Рисунок В.2 – Опис експериментальної установки

## Обробка результатів експерименту

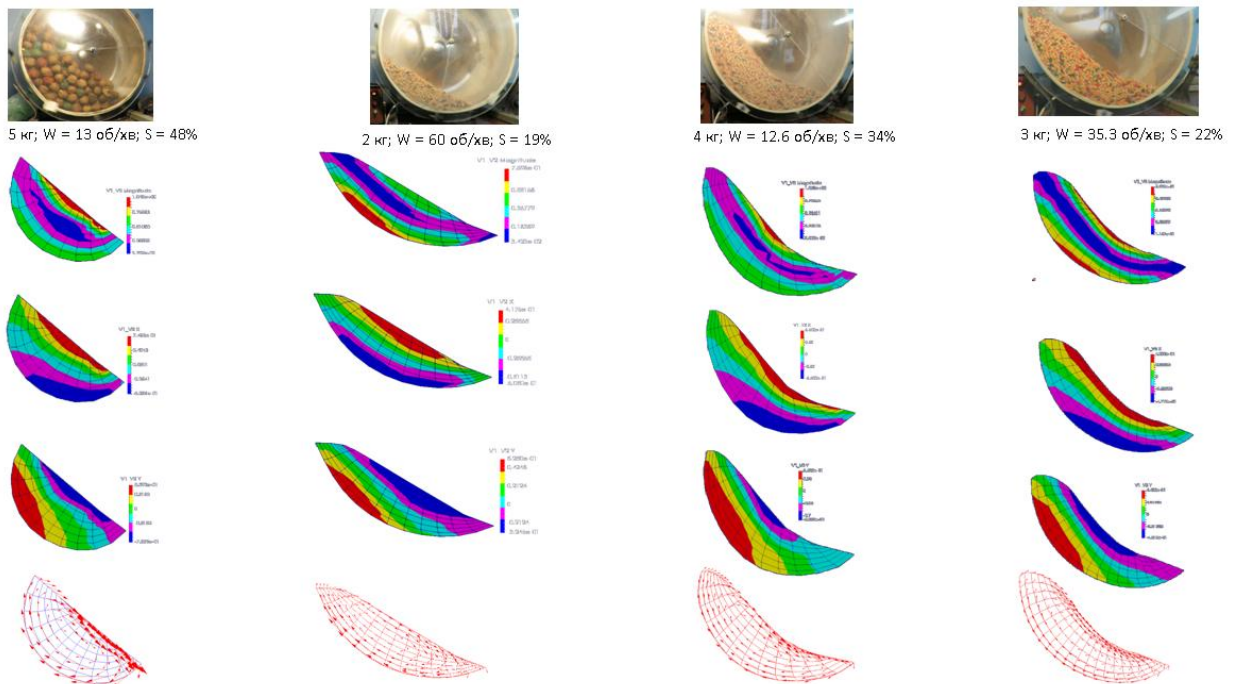


Рисунок В.3 – Опис результатів експерименту

## Оцінка похибки

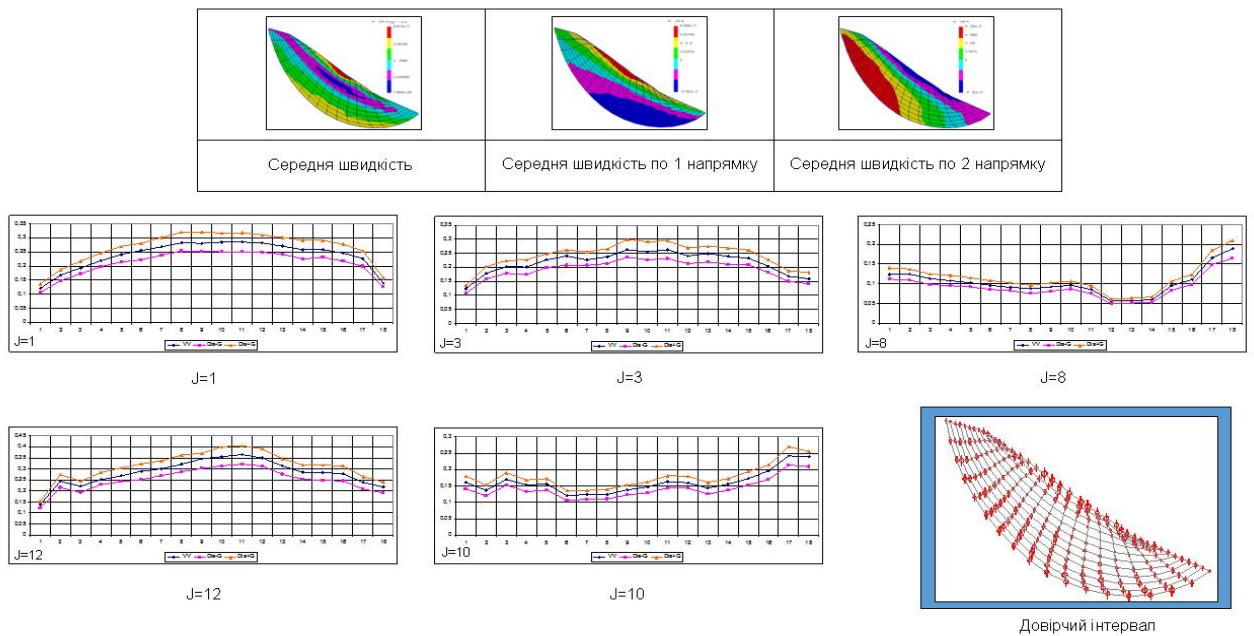


Рисунок В.4 – Оцінка похибки

# МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ДОСЛІДЖЕННЯ РУХУ СИПКОГО МАТЕРІАЛУ В ОБЕРТОВИХ БАРАБАННИХ АПАРАТАХ

Рівняння Нав'є-Стокса для нестискуваної рідини

$$\frac{\partial \vec{v}}{\partial t} + \nabla \cdot (\vec{v} \vec{v}) = -\frac{1}{\rho} \nabla p + \nabla \cdot \left[ \nu \left[ \nabla \vec{v} + (\nabla \vec{v})^T \right] \right] + \vec{F}; \quad \nabla \cdot (\rho \vec{v}) = 0 \quad (1)$$

Рівняння завихореності

$$\nabla \cdot \left( \rho \vec{v} \frac{\partial \vec{\omega}}{\partial t} \right) = \mu \nabla \cdot \left[ \frac{1}{H_3^2} \nabla (H_3 \vec{\omega}_3) \right] \frac{1}{H_3} \vec{e}_3 \cdot \left[ \nabla \left( \frac{\rho \vec{\omega}_3^2}{H_3} \right) \times \nabla H_3 + \nabla K \times \nabla \rho + \nabla \times (\rho \vec{F}) \right] \quad (2)$$

Рівняння завихореності для площини в координатній формі

$$\begin{aligned} \frac{1}{\sqrt{g}} \frac{\partial}{\partial x^1} \left( \rho \sqrt{g} \frac{\partial \vec{\omega}_3}{\partial x^1} \right) = & \frac{\mu}{\sqrt{g}} \left[ \frac{\partial (H_3 \vec{\omega}_3)}{\partial x^1} \frac{\partial}{\partial x^1} \frac{g^{11} \sqrt{g}}{H_3^2} + \frac{g^{11} \sqrt{g}}{H_3^2} \frac{\partial^2 (H_3 \vec{\omega}_3)}{(\partial x^1)^2} + \right. \\ & + \frac{\partial (H_3 \vec{\omega}_3)}{\partial x^2} \frac{\partial}{\partial x^2} \frac{g^{22} \sqrt{g}}{H_3^2} + \frac{g^{22} \sqrt{g}}{H_3^2} \frac{\partial^2 (H_3 \vec{\omega}_3)}{\partial x^2 \partial x^2} + \frac{\partial (H_3 \vec{\omega}_3)}{\partial x^1} \frac{\partial}{\partial x^2} \frac{g^{21} \sqrt{g}}{H_3^2} + \frac{g^{21} \sqrt{g}}{H_3^2} \frac{\partial^2 (H_3 \vec{\omega}_3)}{\partial x^1 \partial x^2} + \\ & + \frac{\partial (H_3 \vec{\omega}_3)}{\partial x^2} \frac{\partial}{\partial x^1} \frac{g^{12} \sqrt{g}}{H_3^2} + \frac{g^{12} \sqrt{g}}{H_3^2} \frac{\partial^2 (H_3 \vec{\omega}_3)}{(\partial x^1)^2} \left. \right] + \frac{1}{\sqrt{g}} \left[ \frac{\partial}{\partial x^1} \left( \frac{\rho \vec{\omega}_3^2}{H_3} \right) \cdot \left( \frac{\partial H_3}{\partial x^1} \right) - \frac{\partial}{\partial x^2} \left( \frac{\rho \vec{\omega}_3^2}{H_3} \right) \left( \frac{\partial H_3}{\partial x^1} \right) + \right. \\ & \left. + \frac{\partial}{\partial x^1} \left( \frac{\vec{v}^2}{2} \right) \frac{\partial \rho}{\partial x^2} - \frac{\partial}{\partial x^2} \left( \frac{\vec{v}^2}{2} \right) \frac{\partial \rho}{\partial x^1} + \frac{\partial (\rho F_1)}{\partial x^1} - \frac{\partial (\rho F_1)}{\partial x^2} \right] \quad (3) \end{aligned}$$

Рівняння функції току

$$\nabla \cdot \left( \frac{1}{\rho \sqrt{g}} \nabla \psi \right) + \omega_3 = 0 \quad (4)$$

Рівняння функції току в тензорній формі

$$\frac{1}{\sqrt{g}} \frac{\partial}{\partial x^n} \left( \frac{g^{nm} \sqrt{g}}{\rho H_3^2} \frac{\partial \psi}{\partial x^m} \right) + \frac{\vec{\omega}_3}{H_3} = 0 \quad (5)$$

Рівняння швидкості

$$\vec{v}^1 = \frac{1}{\rho \sqrt{g}} \frac{\partial \psi}{\partial x^2}; \quad (6)$$

$$\vec{v}^2 = -\frac{1}{\rho \sqrt{g}} \frac{\partial \psi}{\partial x^1} \quad (7)$$

Рисунок В.5 – Математична модель

## Результати розрахунків

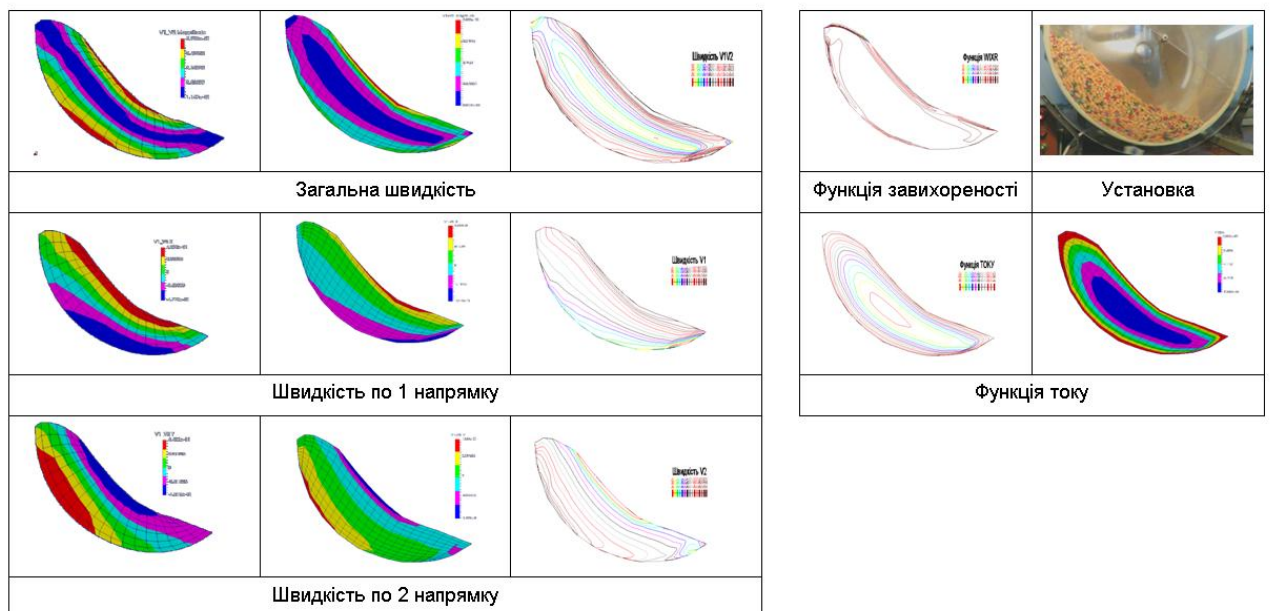


Рисунок В.6 – Результати розрахунків

Електронне мережне навчальне видання

**Щербина Валерій Юрійович**

## **МЕТОДОЛОГІЯ ПРОЕКТУВАННЯ (ДОДАТКОВІ РОЗДІЛИ)**

### **Курсовий проект:**

Вимоги до виконання  
курскових проектів

*для студентів,*

*які навчаються за спеціальністю 133 «Галузеве машинобудування»,  
спеціалізації «Інжинирінг, комп'ютерне моделювання та проектування  
обладнання виробництв полімерних і будівельних матеріалів та виробів»*

Комп'ютерна правка та верстка – *авторські*